

الفصل السابع
كشف الإشعاع وقياساته

obeikandi.com

الفصل السابع

كشف الإشعاع وقياساته

1-7 قواعد عامة :

إن عدم قدرة الجسم البشري على الإحساس بالأشعة المؤينة - ربما - كان المسؤول عن كثير من الخشية العامة من هذا النوع من الأخطار؛ لذا وجب الاعتماد على أجهزة الكشف المبنية على التأثيرات الكيميائية والفيزيائية للإشعاع، ومنها:

(أ) تأين الغازات.

(ب) التأين والإثارة في صوالب معينة.

(ج) التغيرات في الأنظمة الكيميائية.

(د) التنشيط الإشعاعي بالنيوترونات.

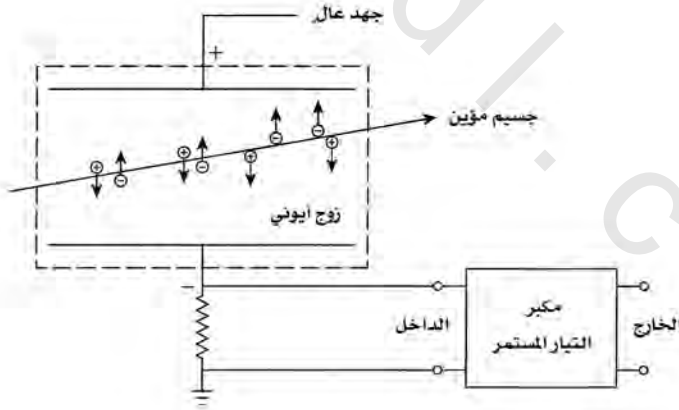
تستخدم الكواشف المبنية على أساس تأين الغاز في غالبية أجهزة المراقبة في الفيزياء الصحية، وتبدي بعض أنواع المواد الصلبة البلورية زيادة في التوصيل الكهربائي، وتسهم في قابلية الإثارة، ومن ضمنها التلألؤ والوميض الحراري والأثر الفوتوغرافي. تتوافر أجهزة الكشف التي تعتمد على تغيرات كيميائية يمكن قياسها، ولكنها أقل حساسية، أما الطريقة المستعملة للنيوترون فإنها تعتمد على التنشيط الإشعاعي الناتج عن تفاعلاته.

ستوصف - في هذا الفصل - القواعد الأساسية للأجهزة الشائع استعمالها عملياً في الفيزياء الصحية. أما تطبيقات هذه القواعد على أنواع محددة من القياسات فسوف تغطي في كل من الفصول: الثامن والتاسع والرابع عشر.

2-7 تأين الغاز:

1-2-7 غرفة التأين:

باسترجاع ما ورد في الفصل الثالث نعلم أن امتصاص الإشعاع في الغاز يؤدي إلى إنتاج أزواج أيونية تتكون من أيون سالب (الإلكترون) وأيون موجب، وعند تسليط فرق جهد متوسط بين لوحين (قطبين) متقاربين تنجذب الأيونات السالبة نحو القطب الموجب (الأنود)، والأيونات الموجبة نحو القطب السالب (الكاثود). وهذا السيل من الأيونات يشكل تياراً كهربائياً يعدّ مقياساً لكثافة الإشعاع في حيز الغاز، ولأن التيار منخفض إلى حد كبير (نحو 10^{-12} أمبير عادةً) فتستعمل دائرة إلكترونية حساسة يطلق عليها "مكبر التيار المستمر" لقياسه. ويسمى الجهاز بأكمله "غرفة التأين"، وما التيار المقاس إلا معدل قيمة تفاعلات جسيمات عدة مشحونة أو فوتونات (شكل 1-7).

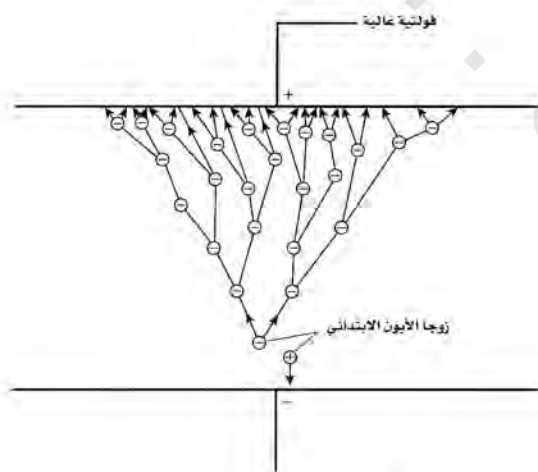


شكل (1-7) جهاز غرفة التأين.

يعتمد تصميم الغرفة واختيار الغاز الذي يملؤها على غرض الاستعمال، ففي أجهزة الفيزياء الصحية تملأ الغرفة عادة بالهواء، وتبنى من مادة ذات عدد ذري منخفض. أما إذا كان الجهاز معداً لأجل قياس إشعاع بيتا ذات المدى القصير جداً في الصوالب، فيجب أن تحتوي الغرفة على جدران أو نافذة رقيقة.

2-2-7 العدد التناسبي:

إذا ما ازداد فرق الجهد المسلط قرب نقطة ما - في جهاز غرفة تأين - فسوف تحصل ظاهرة يطلق عليها "تضاعف الغاز" ويحصل هذا بسبب أن الإلكترونات الناتجة عن التأين تتعجل إلى طاقة عالية بواسطة الجهد المسلط تمكنها من إحداث تأينات أخرى بنفسها قبل وصولها إلى الأنود، ما ينتج عنها مراحل عدة من التأين (شكل 2-7)، ولهذا فإن كلاً من الجسم المتأين الواحد أو الفوتون، يمكن أن يؤدي إلى نبضة كهربائية تكون كبيرة إلى حد يمكن كشفها، وعند تجاوز مدى معين من فرق الجهد يصبح حجم النبضة متناسباً مع كمية الطاقة المترسبة بواسطة الجسيمات الأصلية أو الفوتونات، ويطلق على هذا الجهاز "العدد التناسبي".



شكل (2-7) تضاعف الغاز

المصطلح "عداد" يعنى أن الخارج من الجهاز عبارة عن سلسلة من النبضات التي يمكن عدّها بوسائل مناسبة بدلاً عن معدل التيار الذي يتم الحصول عليه في غرفة التأين.

7-2-3 عداد جايجر - مويلر:

إذا ما ارتفع فرق الجهد في جهاز التأين بشكل أكبر، فإن تضاعف الغاز سيصبح كبيراً جداً إلى حد يجعل الجسم المتأين الواحد يسبب تأيئاً هائلاً يؤدي إلى نبضات جد كبيرة من التيار. يبقى حجم النبضة نفسه بغض النظر عن كمية الطاقة المترسبة من قبل الجسم أو الفوتون في بادئ الأمر، ويجري التحكم فيها بواسطة الدائرة الخارجية أكثر من العداد نفسه. يستعمل جايجر - مويلر بشكل واسع في تجهيزات المراقبة؛ لثانة تركيبه، ويمكن تشغيله باستخدام دوائر خارجية بسيطة نسبياً. ومن ناحية أخرى فهذا جهاز عد، ولكن من الممكن في بعض الحالات استعمال عداد جايجر - مويلر في دائرة لقياس معدل التيار المار خلال الأنبوب.

لأجل الأغراض العملية، يصنع كل من العداد التناسبي وعداد جايجر - مويلر على شكل أسطوانة تكون بنفسها بمنزلة المهبط (الكاثود)، وتحتوي على سلك دقيق في الوسط يمثل المصعد (الأنود)، والجميع محاط بأنبوب زجاجي أو معدني مملوء بخليط غازي خاص.

7-3 كاشفات الحالة الصلبة:

7-3-1 طبيعة العمل (المكنة):

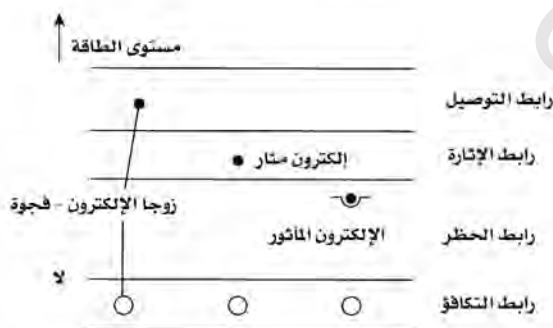
يرجع المصطلح كاشفات الحالة الصلبة إلى أصناف معينة من المواد البلورية التي تظهر آثاراً قابلة للقياس عند تعرضها إلى إشعاعات مؤينة، ففي مثل هذه المواد توجد الإلكترونات في روابط طاقة معينة يفصل بعضها عن بعض بواسطة روابط الحظر.

يسمى أعلى رابط طاقة، الذي توجد فيه الإلكترونات عادة رابط التكافؤ. إن انتقال الطاقة من الفوتون أو الجسم المشحون إلى أحد إلكترونات التكافؤ ربما يرفعه من رابط التكافؤ من خلال رابط الحظر إلى رابط إثارة، أو إلى رابط التوصيل، والفراغ الذي يخلقه تحرك الإلكترون يسمى **فجوة**، وهو مشابه للأيون الموجب في الأنظمة الغازية.

يعرف تهيج الإلكترون إلى رابط التوصيل بالتأين، وإن زوج الإلكترون-الفجوة يمكن مقارنته بالزوج الأيوني المتكون في الغازات. يتحرك كل من الإلكترون والفجوة على حدة، إلا أنهما يتحاذبان عند وجود مجال كهربائي، ومن ثم فإنهما يسهمان في التوصيل الكهربائي في المواد.

أما عملية تهيج الإلكترون إلى رابط الإثارة فتسمى **الإثارة** ويظل الإلكترون - في هذه الحالة - محيطاً بالفجوة بواسطة القوى الكهربائية، ولكنه لا يسهم في التوصيل.

والعملية الثالثة التي يمكنها أن تقع هي **صيد الإلكترون**، وما فحاح الصيد إلا عبارة عن تشوه أو عدم نقاوة الذرات في التركيب البلوري، حيث يؤدي إلى أسر الإلكترونات في رابط الحظر. وتظهر العمليات الثلاث في الشكل (3-7).



شكل (3-7) التأين والإثارة وصيد الإلكترون

يعتمد وجود الحالات الثلاثة - التي ربما تكون دائمة بالفعل أو أنها قد تبقى مدة جد قصيرة - على طبيعة المادة، أو على درجة الحرارة إلى حد كبير. وبالرجوع إلى رابط التكافؤ، فإن فرق الطاقة ينبعث على شكل إشعاع فلوريصيني (إشعاع اللف) وهو عبارة عن فوتونات الضوء المرئي. أما في حالة الإلكترونات المضطادة، فلا بد أن تهيأ الطاقة - أولاً - لمساعدة الإلكترون على الهرب من القف والعودة إلى رابط الإثارة، ومن ثم إلى رابط التكافؤ. إن الطاقة المحررة للإلكترونات تعد - عادة - بواسطة رفع درجة الحرارة، والضوء المنطلق نتيجة لهذا يدعى ظاهرة الحراضونية.

إن التطبيق الواقعي لكل من العمليات الثلاث: التوصيل الكهربائي، والتفلور (ظاهرة اللف)، وظاهرة الحراضونية، ستشرح فيما يلي تفصيلاً. ولا بد من الإشارة إلى أن الأثر الكهروضوئي هو إحدى عمليات الحالة الصلبة، ولكنه سيعالج بشكل مستقل فيما يلي.

7-3-2 كاشفات التوصيل:

مادام التغير في التوصيل الكهربائي متسبباً عن التأين فإن كاشفات التوصيل في الحالة الصلبة مشابهة - إلى حد ما - لأنظمة التأين في الغاز وكاشف كبريتيد الكادميوم (CdS)، -على سبيل المثال- يشابه غرفة التأين، فهو يعمل على غرار معدل التيار، وهو مناسب - في بعض التطبيقات - لقياس معدل جرعة جاما، وميزته الأساسية أنه أصغر بكثير من غرفة التأين، وله كذلك حساسية أكبر.

وبعض كاشفات الحالة الصلبة كالجermanium والسليكون تعمل - كما في حالة الأجهزة الغازية - بطريق النبض، ومن عيوب الجermanium أنه يجب أن يعمل في درجات حرارة منخفضة، وفي كلتا الحالتين يتناسب حجم النبضة مع ترسب الطاقة في الكاشف نفسه. والتطبيق الأساسي لها هو مطياف جاما الذي بواسطة تحليله لحجم التنبضات من الكاشف يصبح ممكنًا قياس طاقة إشعاعات جاما.

7-3-3 كاشفات الوميض:

تعتمد كاشفات الوميض على كشف إشعاع الفلورة (الصف: الضوء عادة) المنبعث عندما يعود الإلكترون من حالة الإثارة إلى رابط التكافؤ، والمواد التي تنتقى هذه الكاشفات هي تلك التي يحصل فيها هذا بسرعة كبيرة (نحو 1 مايكرو ثانية). إن امتصاص فوتون جاما ذي المليون إلكترون فولت ينتج عنه في كاشف الوميض 10,000 إثارة وكذلك العدد نفسه من فوتونات الضوء، ويكشف عن هذه الومضات بواسطة أنبوب التضاعف الفوتوني الذي يحول الضوء إلى نبضات كهربائية تكبر فيما بعد.

يتناسب حجم النبضة مع ترسب الطاقة في البلورة بواسطة الجسيمات المشحونة أو الفوتونات، وفي قياسات أشعة جاما، فإن المادة الومضية الأكثر انتشاراً يوديد الصوديوم (NaI)، وتكون عادة في بلورة أبعادها 50 ملم قطراً × 50 ملم طولاً، وتستعمل هذه على نطاق واسع في مطياف جاما. أما في كاشفات ألفا فتستعمل بلورات كبريتيد الزنك بطبقات رقيقة جداً.

7-3-4 الكاشفات الحراضوية:

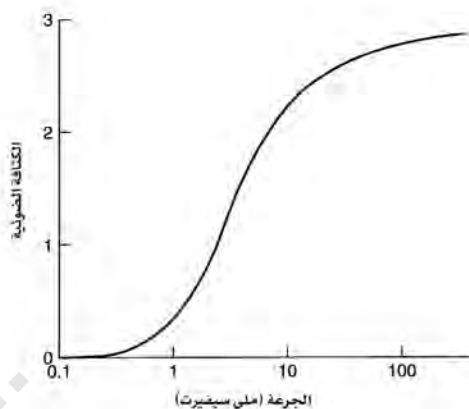
تستغل في الكاشفات الحراضوية ("Thermo Luminescent Detectors "TLD") عملية اصطيد الإلكترونات، وتختار المواد بحيث إن إلكتروناتها التي تصطاد نتيجة للتعرض للإشعاعات المؤينة تكون مستقرة في درجات الحرارة الاعتيادية. فإذا ما سخنت المادة - بعد التشيع - إلى درجة حرارية مناسبة (نحو 200°م) فإن الإلكترونات المصطادة سوف تتحرر وتعود إلى رابط التكافؤ مع انبعاث فوتونات الضوء. ولهذا، فإذا ما سخن الجهاز في الظلام - ولكن تحت أنبوب للتضاعف الفوتوني - فإن الضوء الناتج يمكن قياسه حيث يتناسب مع جرعة الإشعاع التي استقبلها الكاشف. وأكثر المواد استخداماً فلوريد الليثيوم (LiF)، ولكن هناك أنواعاً أخرى من المواد ومن ضمنها فلوريد الكالسيوم وبوريت الليثيوم التي لها تطبيقات خاصة.

يجب ملاحظة أنه مع أن طرق التوصيل والوميض أكثر ملائمة لقياسات كثافة الإشعاع (أي معدل الجرعة)، فإن الكواشف الحراضية تقيس الجرعة الكلية المتراكمة عبر مدة من التعرض.

7-4 الأثر الفوتوغرافي:

تؤثر الإشعاعات المؤينة على الأفلام الفوتوغرافية بالطريقة نفسها التي يؤثر فيها الضوء المرئي، حيث يحتوي الفيلم الفوتوغرافي على مستحلب من بلورات (حببيات) بروميد الفضة على شريحة بلاستيكية شفافة، ثم تمتص هذه الحبيبات الطاقة الساقطة سواء أكانت من الضوء أو الإشعاع المؤين مؤدية إلى تكون عنقايد (غالبًا ما تكون بضع ذرات فقط) من الفضة الصلبة، وتعرف هذه العناقيد باسم "الصورة الكامنة". وعندما يحمض الفيلم تساعد هذه الكميات الضئيلة من الفضة على تحول جميع الفضة في الحبيبات من شكلها المركب (بروميد الفضة) إلى فضة صلبة تترسب على مادة الشريحة البلاستيكية، وعملية التضاعف هذه تعطي كسبًا قدره 10^9 يوضح ارتفاع حساسية المستحلب الفوتوغرافي. وبعد التحميض يثبت الفيلم بغسله بمستحضر ثايوسلفات الصوديوم (هاييو) الذي يقوم بإزالة أي بروميد فضة غير متحول.

ومن أجل الحصول على نتائج جيدة، لا بد من السيطرة بدقة على تركيز أحماض التثبيت وعلى درجة الحرارة، وكذلك على زمن العملية، وتستعمل لمراقبة الإشعاع عادة أفلام فوتوغرافية ذات مساحة 30×40 ملم محاطة بصندوق محكم الإغلاق يمنع دخول الضوء، ويقرأ الفيلم - بعد التحميض - بإمرار شعاع ضوئي خلاله وقياس كثافة الضوء الخارج منه، والذي يمكن تحويله إلى جرعة إشعاعية بواسطة خط المعايرة البياني الذي يحصل عليه من تعريض عدد من الأفلام إلى جرعات معروفة، ثم رسم الخط البياني لعلاقة "الجرعة - الكثافة" (انظر الشكل 7-4).



شكل (4-7) الخط البياني لعلاقة الجرعة - الكثافة

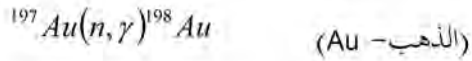
وتعتمد حساسية الفيلم على حجم حبيبة المستحلب، حيث تعطي أعلى الأنواع حساسية مدى لقياس الجرعة يتراوح ما بين 50 مايكرو سيفرت و 50 ملي سيفرت. إن الميزة الأساسية للفيلم الفوتوغرافي، أنه يمكن معرفة معلومات عن نوع الإشعاع وطاقته بمساعدة الماسكات الخاصة للأفلام والحماية على مرشحات، إضافة إلى أنه يمكن خزن الفيلم المحمض ثم إعادة فحصه فيما بعد، وأسهل عيب في الأفلام هو أنه لا يمكن الحصول على قراءة سريعة.

5.7 أثر التنشيط الإشعاعي:

ينتج عن قذف معظم العناصر بالنيوترونات نويدات نشطة إشعاعياً، وتسمح قياسات درجة النشاط بتخمين فيض النيوترونات الساقطة، وتكون الطريقة - في معظم الحالات - غير دقيقة، والتطبيق الأساسي لها تخمين الجرعات الكبيرة الناتجة عن الحوادث. إن قياس النيوترونات السريعة تجري عادة باستعمال أقراص الكيريت، حيث يحدث التفاعل الآتي:

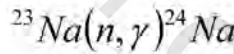


ومن التفاعلات الأخرى المفيدة في قياس النيوترونات السريعة ما يلي:



إن النويدات المذكورة ^{23}P و ^{116}In و ^{198}Au هي مشعات لبثا، ويمكن عدها في أجهزة مناسبة.

هناك مظهر آخر لتأثير التنشيط الإشعاعي، وهو فيما لو تعرض شخص إلى جرعة نيوترونات عالية (أكثر من 0.1 جراي تقريباً) وأصبح - إلى حد ما - مشعاً، فعندئذ يمكن تقدير الجرعة بعمل حسابات وفق النشاط الإشعاعي المحتث. وعلى سبيل المثال، فالنشاط الإشعاعي للصوديوم (Na) في الجسم ينتج في حالة إنتاج ^{24}Na الباعث لأشعة بيتا:



وعند الجرعات المتوسطة من النيوترونات يمكن كشف الاضمحلال الإشعاعي بمجرد إمساك كاشف حساس مثل محس جايجر - مولر وجعله مقابل الجسم.

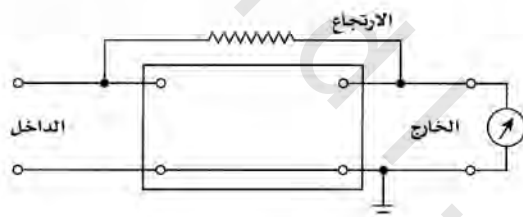
7-6 الدوائر الكهربائية:

7-6-1 أنواع الدوائر:

لقد تم في كل من المبحثين (7-2) و (7-3) وصف كاشفات عدة تعطي الإشارة الكهربائية على شكل خارج منها، وهذه الإشارة الكهربائية على نوعين: التيار المستمر والنبضات. تتم قياسات التيار المستمر بواسطة مكبر التيار المستمر، في حين تستعمل دوائر العد ومقاييس المعدل (المعدلات) للخارج النبضي، وسوف توصف أهم المظاهر العملية لهذه الدوائر فيما يلي.

7-6-2 مكبر التيار المستمر:

إن مكبر التيار المستمر هو وسيلة لتكبير التيار المنخفض جداً إلى قيمة عالية تكفي لتشغيل الأميتر الاعتيادي أو دائرة العرض الرقمي. وتتطلب أجهزة غرفة التأين كسباً⁽¹⁾ عالياً، وقد يكون التيار الداخل بحدود 10^{-12} أمبير، في حين يتطلب الأميتر تياراً قدره 10^{-6} أمبير لتشغيله، وهذا يتطلب كسباً قدره 10^6 . ومثل هذا يعني أن الكسب العالي تكون له قابلية عدم الاستقرار بسبب التأرجح الحراري وغير ذلك، ويمكن تخفيض هذا إلى حد مناسب باستعمال الارتجاع السالب (انظر الشكل 7-5). وهذا يعني باختصار أنه لو غذي الداخل بإشارة زائدة فإنها ستكتسب إشارة مخالفة، وتعود من الخارج نحو الداخل، وهناك نقطة أخرى مهمة، وهي أنه عند قياس تيار صغير بحدود 10^{-12} أمبير، فلا بد من العناية الفائقة بمنع تيارات التشويش المؤثرة على الإشارة الداخلة، ولا بد من حدود مثالية عالية جداً من العزل والنظافة بين الخارج في الكاشف والداخل في المكبر.



شكل (7-5) مكبر التيار المستمر - الارتجاع السالب

التطبيق الرئيس لمكبر التيار المستمر هو استعماله في أجهزة غرفة التأين بنوعيتها الثابت والمحمول (القابل للحمل)، ولكنها تستعمل أيضاً في كاشفات الحالة الصلبة من نوع كبريتيد الكاديوم (CdS).

(1) الكسب (Gain): الزيادة في الطاقة أو الحجم أو الإشارة أو غير ذلك الحاصل بسبب جهاز ما ويساوي النسبة بين الخارج والداخل منها أي الكسب = الخارج / الداخل.

7-6-3 أجهزة عد النبض:

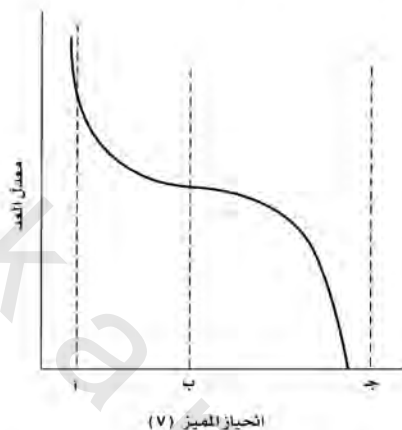
يتكون جهاز العد الأساسي من مكبر النبض والمميز والمدرج. وقد يحتوي - إضافة إلى ذلك - على وحدة جهد كهربائي عال من أجل تجهيز فولتية عالية للكاشف. إن عمل مكبر النبض هو استقبال النبضات من الكاشف وتكبيرها حتى الحجم الذي يمكن به التقاطها بالدوائر اللاحقة. ويعتمد حجم النبضات على نوع الكاشف، إلا أن الحد المثالي هو مايكرو فولتات عدة بالنسبة إلى كاشفات الحالة الصلبة، وملي فولتات عدة بالنسبة إلى العدادات التناسبية والومضية، وتصل إلى فولتات عدة بالنسبة إلى عدادات جايجر-مولير. ومادامت معظم دوائر العدادات تعمل على نبضات ذات فولتات عدة، فهذا يعني أن المكبر لا بد أن يؤدي كسباً قدره 10^6 في كاشفات الحالة الصلبة، و 10^3 للعدادات التناسبية والنبضية، و 1 بالنسبة لعدادات جايجر-مولير.



شكل (7-6) عمل المميز

في جميع الأدوات الكهربائية المنتشرة حالياً، يوجد - إلى حد ما - تشويش إلكتروني على شكل نبضات كهربائية صغيرة، وهذه النبضات التشويشية تتكبر مع نبضات الكاشف، فإذا لم تتخذ الاحتياطات اللازمة فسوف يقوم الجهاز بعدها، وما عمل المميز إلا استبعاد كل النبضات دون المستوى المحدد. ويتم تنظيم هذا بوضع فولتية انحياز المميز، حيث يقوم الجهاز بتسجيل تلك النبضات التي سعتها سعة مستوى الانحياز فقط.

ويبين الشكل (7-6) سلسلة من النبضات مع نبضات تشويش صغيرة معطاة من المكبر إلى المميز، فإذا كان مستوى الانحياز أقل من (أ) فسوف تعد نبضات التشويش، وإذا ما جعل فوق (ج) فلن تعد حتى نبضات الكاشف. والمستوى الصحيح هو المؤشر عليه بالحرف (ب).

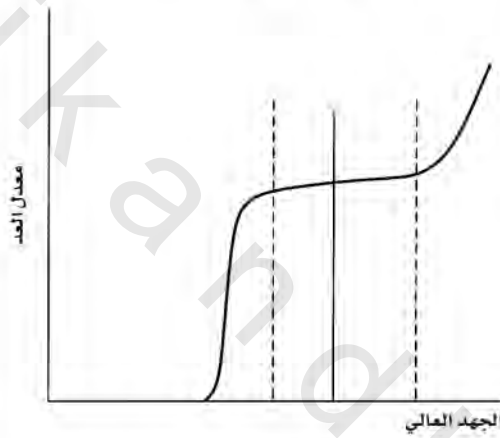


شكل (7-7) خصائص انحياز المميز

يمكن رسم خصائص انحياز المميز بقياس معدل العد من الكاشف مع مستوى انحياز المميز، وهذا ما يبينه شكل (7-7) الذي تمثل فيه الخطوط أ، ب، ج، ما يقابلها في الرسم السابق، ولهذا فإذا كان جهد الانحياز دون المستوى (أ) فسوف يسجل معدل عد عال جداً، وإذا ما تجاوز (ج) فلن يسجل أي عد، والوضع الصحيح هو عند (ب) حيث تسجل النبضات الصافية القادمة من الكاشف فقط. وإضافة إلى ذلك مادام مستوى الخط البياني غالباً عند هذه النقطة، فلن تؤثر التغيرات الصغيرة في مستوى الانحياز في معدل العد كثيراً.

يستقبل المدرج النبضات من المميز، فيعطي إشارة مرئية عند كل عدد من النبضات (العدادات) التي يستقبلها عبر مدة العد، ويحتوي المدرج عادة على جهاز توقيت؛ لذا فبمجرد البدء فإنه يعد إلى مدة محددة تتراوح ما بين بضع ثوانٍ، حتى ساعات عدة.

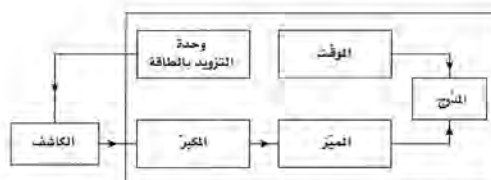
يعتمد معدل العد في الكاشف على مقدار الفولتية الموضوعة، ومن أجل إعداد الجهاز، يوضع مصدر صغير قرب الجهاز، وتؤخذ سلسلة من العدات لفولتيات مختلفة للكاشف، ويسمى الخط البياني الحاصل عن هذه النتائج باسم **طور الاستقرار**؛ لأن معدل العد نسبياً لا يعتمد على الفولتية الموضوعة خلال مدى معين (انظر الشكل 7-8). ويشغل العداد عند فولتية تقع بين الخطوط المنقطة (أي عند طور الاستقرار)، ولهذا فإن التغيرات البسيطة في فولتية الجهاز لن تؤثر على استجابته.



شكل (7-8) أحد أطوار الاستقرار في عداد

جايجر - مولير

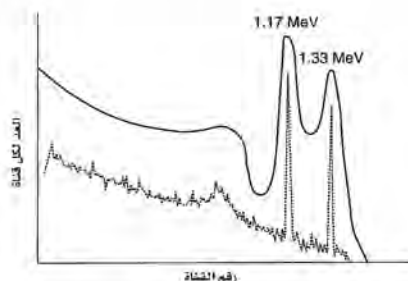
يوضح الشكل التخطيطي (7-9) الترتيب التام لجهاز العد، والعمل الرئيس لهذا النوع من الأجهزة هو قياس العينات المشعة من الأنواع المختلفة. ويندرج تحت العينات التي تقيّم بهذه الطريقة - في الفيزياء الصحية - أوراق ترشيح العينات الهوائية، وأوراق فحوص المسح والعينات المائية. أما المظاهر العملية لحساب العينات فسوف توصف بتفصيل أكثر في الفصل التاسع، وإن عددًا من الطرق الخاصة سيجري عرضها في الفصل الرابع عشر.



شكل (7-9) رسم تخطيطي لجهاز عد

7-6-4 محلل ارتفاع النبضات:

عندما تستعمل الكاشفات التي يعتمد ارتفاع النبضة الخارجة منها على طاقة تأين الجسيم أو الفوتون، فغالبًا ما تسدي عونًا كبيرًا في معرفة معلومات عن طيف الإشعاع من خلال تحليل تلك النبضات. ومحلل ارتفاع النبضات (PHA) يقوم بعزل النبضات إلى عدد كبير من القنوات المعتمدة على ارتفاع النبضة. ولهذا، فلو أن أقصى ارتفاع للنبضة في الجهاز كان 10 فولتات وتوافرت مئة قناة فيمكن حينئذ للنبضات أن تنفصل في قنوات عرض كل منها 0.1 فولتات، وسوف تذهب أي نبضة قيمتها أصغر من 0.1 فولت إلى قناة (1)، كل نبضة قيمتها ما بين 0.1 إلى 0.2 ستذهب إلى قناة (2)، وهكذا حتى النبضات ما بين 9.9 إلى 10 فولتات ستذهب إلى القناة (100). وسوف تسجل عدد النبضات الذاهبة إلى كل قناة، وتظهر على شكل مرئي، وغالبًا ما تكون على أنبوبة أشعة مهبطية حتى تحولها - بشكل ما - إلى صورة مرئية تمثل طيف الإشعاع. ويبين الشكل (7-10) طيف أشعة جاما للكوبلت-60 (^{60}Co)، المسجل بواسطة بلورة يوديد الصوديوم (NaI).



شكل (7-10) طيف أشعة جاما للكوبلت (^{60}Co)

من بلورة يوديد الصوديوم (الخط الصامِل) ومن الجَرْمَانِيُوم لِثِيُوم (الخط المنقَط).

5-6-7 مقياس المعدل (المعدل):

إذا ما استعمل الكاشف المشغَل بطريقة النبض ضمن جهاز قابل للحمل فليس من العملي اعتيادياً ولا من المرغوب استعمال جهاز عد، وإنما الطريقة المثلى لعرض العد هي استعمال مقياس المعدل (المعدل) الذي يستقبل النبضات، فيشير إليها على أميتر اعتيادي وعرض رقمي بقراءة تدل على معدل النبض.



شكل (7-11) دائرة أساسية لمقياس المعدل

يوضح الشكل (7 - 11) أساس دائرة مقياس المعدل، حيث تقوم كل نبضة بتزويد شحنة إلى المكثف (س) التي تتفرغ ببطء خلال المقاومة (م) فتظهر قراءة على الأميتر، ولكن قراءة الأميتر تتذبذب بانتظام بسبب أن وصول النبضة الجديدة يسبب زيادة مفاجئة في القراءة يتبعها نقصان بطيء حتى وصول النبضة المقبلة. ويمكن تقليل درجة التذبذب بزيادة ثابت الزمن للدائرة، الذي يستوجب زيادة قيمة كل من (س) أو (م) أو كليهما، حيث إن ثابت الزمن بالثانية يساوي حاصل ضرب (س بالفاراد $\times$ م بالأوم). وعلى الرغم من أن الزيادة في ثابت الزمن تجعل قراءة الأميتر أكثر نعومة، فإنها تقلل استجابة الدائرة للتغيرات المفاجئة في معدل النبضات، وبعد التغير في معدل النبضات تأخذ نحو أربعة أضعاف ثابت الزمن للجهاز كي تظهر القراءة الجديدة، ويجب ألا يتجاوز ثابت الزمن عادة في جهاز المراقبة القابل للحمل أكثر من ثلاث ثوانٍ أو أقل.

خلاصة الفصل:

التأين في الغازات: يقاس بنظام غرفة التأين والخارج المقيس تيار.

التكبير الغازي: إلكترونات التأين تسبب تأينات أخرى إن كان الجهد المسلط مرتفعاً بشكل كافٍ.

العداد التناسبي: يعطي نبضات من التيار تتناسب مع الطاقة المترسبة من الجسيم الأصلي.

عداد جايجر-مولر: كل جسيم متأين واحد يؤدي إلى انهيار (avalanche) من الإلكترونات التي تعطي نبضة خارجية.

كاشفات الحالة الصلبة: تعتمد على التأين والإثارة وأسر الإلكترون في مواد بلورية معينة.

كاشفات التوصيل: يمكن استخدامها بنمط النبضات أو التيار.

عدادات الوميض: تكشف النبضات الضوئية من الوامض باستعمال أنبوب التضاعف الفوتوني.

الكاشفات الحراضوية: تخزن الطاقة حتى تسخن المادة، فينبعث الضوء، يهيئ قراءة سريعة.

الأثر الفوتوغرافي: تسويد الفيلم، خط "الجرعة-الكثافة" البياني، يهيئ تسجيلاً دائماً للجرعة.

أثر التنشيط الإشعاعي: يقيس النشاط الإشعاعي المسبب عن النيوترونات.

التيار المستمر: يقيس تيارات صغيرة.

أنظمة عد النبضات: تتكون من مكبر النبضة ومميز وعداد.

محلل ارتفاع النبضات: يظهر طيف الإشعاع.

مقياس المعدل: يسجل معدل النبض على الأميتر، أو عارض رقمي.

أسئلة للمراجعة :

- (1) صف عمل عداد جايجر-مولر.
- (2) أي نوع من كاشفات الحالة الصلبة ملائم لقياس جرعة الإشعاع المتراكمة الشخصية؟ وكيف يعمل هذا الكاشف؟
- (3) اكتب وصفاً مختصراً للتأثير الفوتوغرافي، وناقش مميزاته وعيوبه في مقاييس الجرعات الشخصية.
- (4) ارسم شكلاً تخطيطياً لجهاز عد، ثم صف باختصار عمل الدوائر المختلفة.